

W  
49  
(19614)

## Documento de trabajo

Efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el crecimiento de la economía española: producción, inversión y empleo

Rafael Flores de Frutos  
Mercedes Gracia Díez  
Teodosio Pérez Amaral  
Pedro J. Vega Catena

No. 9614

Septiembre 1996

**ICAE**

Instituto Complutense de Análisis Económico

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

FACULTAD DE ECONOMICAS

Campus de Somosaguas

28223 MADRID

Teléfono 394 26 11 - FAX 294 26 13

**ICAE**

Instituto Complutense de Análisis Económico

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



121  
419  
(9614)

**EFFECTOS DE LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS DE  
TELECOMUNICACIONES SOBRE EL CRECIMIENTO  
DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA: PRODUCCIÓN, INVERSIÓN Y EMPLEO.\***

Rafael Flores de Frutos, Mercedes Gracia Díez  
Teodosio Pérez Amaral y Pedro J. Vega Catena  
Departamento de Economía Cuantitativa  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Complutense, 28223 Madrid, Spain.  
Tel. 34-1-394-2370, Fax: 34-1-394-2613

RESUMEN

En este trabajo cuantificamos los efectos económicos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones en España sobre la producción, el empleo y la inversión agregados usando datos anuales del período 1964-1993. Para ello usamos un modelo estocástico multivariante que permite relaciones de realimentación entre todas las variables. Se encuentran efectos positivos y significativos sobre la producción, el empleo y la inversión agregados, que sugieren que regular y liberalizar los mercados de telecomunicaciones, así como eliminar las actuales limitaciones a la inversión resultaría beneficioso para el conjunto de la economía española.

ABSTRACT

In this paper we estimate the effects of the investment in infrastructures of telecommunications on aggregate output, employment and investment in the Spanish economy using yearly data for the period 1964-1993. We use a dynamic multivariate framework, which allows for explicit feedbacks among all variables. We find significant effects on aggregate output, employment and investment, which suggest that regulating and liberalizing the market for telecommunications and removing the existing barriers to investment would be beneficial for the Spanish economy.

\* Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones y a Telefónica de España S.A. por su apoyo financiero y su colaboración.

Nº E: 630652008X

Nº C: X-53-231166-2

## INDICE

1.	Introducción	3
2.	Antecedentes	7
2.1.	Estudios sobre inversión pública en infraestructuras	7
2.2.	Estudios sobre inversión en infraestructuras de telecomunicaciones	12
3.	El modelo teórico	18
4.	Análisis empírico	25
4.1.	Datos	25
4.2.	Modelo Econométrico	31
4.3.	Funciones de Respuesta	32
5.	Conclusiones	42
	Referencias bibliográficas	43
	Apéndice	46
	Apéndice de datos	49

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia del desarrollo de las infraestructuras de telecomunicaciones en el crecimiento de una economía es una cuestión ampliamente reconocida. En el reciente trabajo de Cronin, Parker, Colleran y Gold (1991) figura lo siguiente: "Naciones con altos niveles de desarrollo económico tienen también infraestructuras de telecomunicaciones bien desarrolladas. Esta afirmación ha sido confirmada con una variedad de diferentes medidas de desarrollo económico, como producto nacional bruto per capita, producto interior bruto per capita y renta per capita, y con una variedad de diferentes medidas de desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo inversión en telecomunicaciones per capita y líneas telefónicas de acceso per cápita. Cuando los datos de los diferentes países se reflejan en un gráfico bidimensional, la relación entre el nivel de la economía y el nivel de la infraestructura de telecomunicaciones es evidente, con muy pocos países desviándose de esta pauta. Además las desviaciones son en todo caso pequeñas comparadas con otras relaciones macroeconómicas".

El estudio de los efectos económicos de las inversiones en infraestructuras de telecomunicaciones en España pretende ser útil para orientar la toma de decisiones sobre la regulación del sector de las telecomunicaciones. Hay que hacer notar, sin embargo, que el comportamiento pasado no predetermina el efecto de las futuras inversiones, ni tampoco si será más eficiente en términos de los objetivos de la política económica invertir recursos públicos en infraestructuras de telecomunicaciones o en equipamientos alternativos.

De cualquier manera, esta última objeción puede no ser relevante, dado que, en general, las infraestructuras de telecomunicaciones se financian con capital privado, mientras que el Estado intervendrá en el sector a través de un marco regulatorio que fomente y ordene el proceso de inversión y en su caso influya en el nivel, orientación, servicios, localización y ritmo del proceso inversor.

El objetivo del presente trabajo es investigar, desde un punto de vista empírico y a nivel agregado, las relaciones dinámicas entre la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones y el crecimiento del producto agregado, el empleo y la inversión en el sector privado para el caso de la economía española. En concreto se intenta dar respuesta a las siguientes preguntas: ante un aumento de un punto porcentual (transitorio) en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, ¿qué

efectos se producen en las tasas de crecimiento del producto, del empleo y de la inversión privada?, ¿estos efectos son instantáneos (ocurren dentro del mismo año en que se produce la inversión) o es necesario que transcurran uno o más años para que puedan observarse? ¿se agotan rápidamente o por el contrario se prolongan durante varios años?. Este trabajo pone de manifiesto el efecto económico positivo que tienen las inversiones en telecomunicaciones sobre el conjunto de la economía y podría servir de estímulo para la rápida regulación de los diferentes mercados de telecomunicaciones en España.

Uno de los efectos que tienen las inversiones en infraestructuras es posibilitar la creación de puestos de trabajo, dentro y fuera del sector de las telecomunicaciones. Resulta imprescindible estudiar el efecto global de la inversión en telecomunicaciones sobre el conjunto de la economía por los siguientes motivos:

#### 1. Descentralización de los servicios de telecomunicaciones.

a. Debido a las mayores prestaciones de los servicios de telecomunicaciones, se produce de manera creciente una gestión interna de los servicios de telecomunicaciones por personas o departamentos especializados, de empresas que no pertenecientes al sector de las telecomunicaciones, tales como bancos, gestoras de capitales, empresas del sector financiero, aseguradoras, etc.

b. La aparición de empresas de valor añadido, debido a la provisión de nuevos tipos de servicios de telecomunicaciones, tales como los teléfonos gratuitos, banca telefónica, líneas de llamadas de pago, etc.

#### 2. Descentralización en la provisión de los equipos de telecomunicaciones

a. Contratación externa de la provisión de líneas y equipos de telecomunicaciones, que se ha producido en especial en países como Italia e Inglaterra.

b. Asunción por parte del comercio al por menor de parte de las funciones habituales de las operadoras públicas, tales como venta de teléfonos, con o sin hilos, contestadores, telefax, teléfonos móviles, etc.

En OCDE (1995) se señala que "mientras que hay una tendencia general hacia la disminución de la fuerza de trabajo de las operadoras tradicionales en todos los países, independientemente de sus niveles de liberalización, en los países en los que se ha

liberalizado el sector, las nuevas operadoras crean empleo, compensando el número de empleos perdidos por las operadoras establecidas".

En economía, la evaluación de los efectos de la inversión en infraestructuras sobre el crecimiento del producto es reciente. En la última década, han aparecido distintos estudios que intentan evaluar si la inversión en infraestructuras, especialmente las inversiones públicas relacionadas con transportes y comunicaciones, afectan a la productividad del sector privado. Los trabajos para la economía estadounidense de Aschauer (1989a y 1989b) y Munnell (1990a, 1990b) pueden considerarse como pioneros en el tema. En estos trabajos, la inversión en infraestructuras aparece como un instrumento poderoso para promover el crecimiento económico a largo plazo. Sin embargo, trabajos como los de Aaron (1990), Eberts (1990) y Tatom (1991) no encuentran efectos importantes. Para el caso de la economía española, existen algunos estudios recientes (Bajo y Sosvilla, 1993; Argimón et al. 1993; Mas et al. 1993; Flores et al. 1994), que encuentran efectos positivos de la inversión en infraestructuras sobre la productividad del sector privado. En cuanto a los trabajos que analizan el caso específico de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones (Hardy, 1980; Saunders et al. 1987; Cronin et al. 1991), aunque muestran la existencia de una relación bidireccional entre inversión en telecomunicaciones y crecimiento económico en distintos países, se trata de estudios de carácter descriptivo que carecen de un análisis econométrico que cuantifique los efectos.

La mayor parte de la literatura empírica sobre los efectos de las infraestructuras en el crecimiento de la economía, se ha basado en la estimación de funciones de producción estáticas, relacionando contemporáneamente empleo, capital privado y capital público con producción. En la mayoría de los casos, dichos efectos se han calculado mediante la estimación de funciones de producción Cobb-Douglas y el debate se ha centrado en el tamaño de la elasticidad del producto agregado respecto al capital público. En un reciente estudio, Flores et al (1994) ponen de manifiesto las fuertes limitaciones de este *enfoque uniecuacional*. En concreto, se muestra que en presencia de retroalimentación entre las variables que integran la función de producción, el tamaño de la elasticidad del producto con respecto al capital público, obtenida de la estimación directa de una función de producción, deja de ser un parámetro relevante. Con objeto de superar esta limitación, estos autores plantean el problema en un contexto *multiecuacional dinámico*, lo que permite considerar explícitamente el total de relaciones dinámicas entre las cuatro variables objeto del análisis y, por lo tanto, engloba al enfoque uniecuacional como un caso particular.

En el presente trabajo se utiliza una metodología similar a la propuesta por Flores et al. (1994), por lo que el estudio de las relaciones entre inversión en infraestructuras de telecomunicaciones y crecimiento económico se lleva a cabo a partir de un modelo vectorial que incluye las cuatro variables relevantes: el producto en el sector privado, el nivel de empleo en el sector privado, la inversión total en el sector privado y la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. Partiendo de un modelo conceptual sin restricciones acerca de la dinámica de las relaciones de comportamiento, se estiman las funciones de respuesta (efectos dinámicos) del producto, empleo e inversión en el sector privado, asociadas a una variación porcentual transitoria y unitaria en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. La estimación del modelo conceptual y el cálculo de las funciones de respuesta se lleva a cabo a través del ajuste de un modelo ARMA vectorial a un conjunto de datos anuales correspondientes al período 1964-1993.

El trabajo se organiza de la siguiente manera:

En la **sección 2** se presenta una revisión de la literatura existente sobre el tema. En esta sección se hace referencia tanto a los trabajos que analizan el efecto del gasto público en infraestructuras sobre la productividad del sector privado, como a los trabajos que estudian el caso específico de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. También se ponen de manifiesto las principales limitaciones del enfoque uniecuacional, utilizado por muchos estudios anteriores, y se motiva el empleo del *marco estocástico multivariante* como marco conceptual más adecuado.

En la **sección 3** se presenta el modelo teórico concreto sobre el que se basa el análisis, en la **sección 4** se presenta el análisis empírico, y en la **sección 5** las conclusiones. Al final del trabajo se encuentran dos apéndices, el primero técnico y el segundo de datos.

## 2. ANTECEDENTES

El efecto que ejerce la inversión en infraestructuras sobre el crecimiento económico ha sido una cuestión ampliamente estudiada en la literatura económica especializada. En un primer bloque de trabajos, se analizan los efectos de la inversión pública en infraestructuras, especialmente las relacionadas con el transporte y las comunicaciones, sobre la productividad del sector privado. Este es el denominado efecto *crowding in*, por el que los gastos en infraestructuras realizados por el sector público provocan importantes externalidades positivas que permiten al sector privado desarrollar su esfuerzo inversor en un entorno que eleva la productividad privada. Aunque estos trabajos se refieren a inversiones públicas, constituyen un buen punto de partida para presentar el modelo teórico que se utiliza en este estudio. Por lo tanto, en esta sección nos referiremos, en primer lugar, a los trabajos empíricos que evalúan los efectos de la inversión pública en infraestructuras sobre la productividad del sector privado y, seguidamente, abordaremos los trabajos que se refieren específicamente al efecto de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones.

### 2.1. ESTUDIOS SOBRE INVERSIÓN PÚBLICA EN INFRAESTRUCTURAS

Los trabajos de Aschauer (1989a y 1989b) pueden considerarse pioneros sobre el tema. Estos trabajos sugieren que mientras el gasto público corriente actúa en detrimento de la productividad y del crecimiento económico, la inversión pública en infraestructuras aumenta la productividad privada, siendo el efecto neto positivo en Estados Unidos durante el período 1952-1986. Según estos resultados, Aschauer (1989b) atribuye el descenso que desde los años setenta viene experimentando la productividad de la economía americana a la reducción de la inversión pública. Esta afirmación ha abierto un amplio debate sobre el tema, dando lugar a numerosos estudios que presentan evidencia a favor y en contra del *efecto Aschauer*. Entre los primeros cabe citar los trabajos de Munnell (1990a y 1990b), Munnell y Cook (1990) y García-Milà y McGuire (1992), y entre los segundos los de Aaron (1990), Eberts (1990), Tatom (1991) y Ford y Poret (1991), entre otros. Para el caso español, los trabajos de Bajo y Sosvilla (1993), Argimón et al. (1993) y Mas et al. (1993) encuentran un efecto positivo y significativo de la inversión pública sobre la productividad del sector privado, utilizando datos agregados a partir del año 1964. Todos estos estudios se basan en modelos estructurales de equilibrio parcial en el marco de la teoría neoclásica de la producción. En concreto, estiman funciones de producción ampliadas en las que el capital público interviene como

un input más en el proceso productivo, siendo la especificación más utilizada la función de producción Cobb-Douglas.

Una forma alternativa de enfocar el problema de optimización del productor, basada en la teoría de la dualidad, consiste en especificar funciones de beneficio (Deno, 1988) o, su equivalente, funciones de costes (Nadiri y Mamuneas, 1992; Morrison y Schwartz, 1992). Mediante la minimización de costes o la maximización de beneficios no sólo se puede determinar el efecto de la inversión en infraestructuras sobre el crecimiento de la productividad, sino que también se puede obtener la demanda óptima de los factores de producción, entre ellos del stock de capital público. Por otra parte, junto a estos modelos parciales, existen algunos intentos de adoptar una perspectiva más global, utilizando modelos de equilibrio general (García-Milá, 1990), en los que el gobierno determina el nivel de la inversión pública que, mediante un esquema de estructura productiva, interactúa con el capital privado en el proceso de producción. Una revisión de los distintos enfoques que acabamos de mencionar se encuentra en Draper y Herce (1993).

Seguidamente, presentamos un breve resumen de los estudios basados en la estimación de funciones de producción, por ser este el enfoque pionero y también el más utilizado tanto con datos americanos como con datos de la economía española. Estos estudios parten de una función de producción agregada para el sector privado de la economía, donde el capital público aparece como un factor de producción diferente del capital privado. Suponiendo una especificación Cobb-Douglas:

$$Y_t = A_t K_t^{\alpha_1} PK_t^{\alpha_2} L_t^{\alpha_3} \quad (1)$$

donde  $Y$  es el nivel de producción privada,  $A$  es un índice del progreso técnico,  $K$  es el volumen de capital privado,  $PK$  es el volumen de capital público y  $L$  es el trabajo;  $t$  es un subíndice temporal, y  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  son los parámetros relativos a  $K$ ,  $PK$  y  $L$  respectivamente, que pueden considerarse como las elasticidades del producto con respecto a cada factor de producción. Tomando logaritmos neperianos en (1), se tiene que:

$$\ln Y_t = \ln A_t + \alpha_1 \ln K_t + \alpha_2 \ln PK_t + \alpha_3 \ln L_t \quad (2)$$

Entonces, siguiendo a Aschauer (1989b), bajo la hipótesis de rendimientos constantes a escala entre los inputs privados ( $\alpha_1 + \alpha_3 = 1$ ), lo que implica rendimientos

crecientes a escala para todos los inputs ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 > 1$ ), la ecuación (2) puede escribirse como:

$$\ln Y_t - \ln K_t = \ln A_t + \alpha_2 \ln PK_t + \alpha_3 (\ln L_t - \ln K_t) \quad (3)$$

Mientras que bajo la hipótesis de rendimientos constantes a escala entre todos los factores ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ ), lo que implica rendimientos decrecientes para los inputs privados ( $\alpha_1 + \alpha_3 < 1$ ), la ecuación (2) resulta:

$$\ln Y_t - \ln K_t = \ln A_t + \alpha_2 (\ln PK_t - \ln K_t) + \alpha_3 (\ln L_t - \ln K_t) \quad (4)$$

Bajo este planteamiento teórico, Aschauer (1989b) contrasta ambas hipótesis con datos anuales de la economía americana correspondientes al período 1949-1985, no rechazando la hipótesis de rendimientos constantes a escala para todos los factores productivos [ecuación (4)] y encontrando un efecto alto y significativo del capital público sobre la productividad privada. En concreto, se estima un valor de  $\alpha_2$  en la ecuación (4) igual a 0.39, lo que indica que un aumento de un 1% en el ratio entre el stock de capital público y el stock de capital privado aumenta la productividad del capital privado en un 0.39%. En el correspondiente modelo econométrico, se aproxima el índice de progreso técnico ( $\log A_t$ ) por una tendencia determinista de primer orden:  $a_0 + a_1 t$ , e incluye como variable adicional la tasa de utilización de la capacidad productiva, con el fin de recoger el efecto del ciclo económico.

Tatom (1991) critica el trabajo de Aschauer fundamentalmente por dos razones: (i) en la función de producción utilizada se ignora el efecto del precio de la energía en la productividad y (ii) las variables que intervienen en el modelo econométrico no son estacionarias, lo que puede dar lugar a regresiones espúreas. En consecuencia, estima una función de producción tipo Cobb-Douglas con variables en primeras diferencias e incluyendo como regresores adicionales una tendencia temporal de primer orden y el precio de la energía. A partir de este modelo y utilizando datos agregados de la economía americana para el período 1949-1989, no encuentra una relación significativa entre la inversión en infraestructuras y la productividad privada.

Por otra parte, Ford y Poret (1991) aplican la misma metodología de Aschauer (1989b) a un conjunto de países de la OCDE concluyendo que, en general, sus resultados no apoyan el efecto Aschauer. Estos autores indican que mientras que en los años setenta se produjo una disminución de la inversión en infraestructuras en los doce países examinados, sólo tuvo lugar una desaceleración de la productividad privada en la mitad

de ellos, y que este hecho va acompañado de resultados econométricos contradictorios, lo que sugiere la existencia de problemas importantes en la metodología de Aschauer. Sin embargo, García-Milá y McGuire (1992), con la misma metodología y empleando un panel de datos correspondiente a 48 estados americanos durante el período 1969-1983, encuentran un efecto significativo de la inversión pública en autopistas y en educación sobre la productividad del sector privado. A un resultado similar llega Munnell (1990b) utilizando también un panel de datos por estados y distintas medidas de la actividad económica.

Las discrepancias existentes en la literatura econométrica sobre la existencia o no del *efecto Aschauer* en la economía americana son analizadas por Munnell (1992). En este trabajo, Munnell acepta algunas de las críticas que el trabajo de Aschauer (1989b) ha recibido, pero insiste en que los resultados contradictorios obtenidos nunca deben tomarse como excusa para relajar el ritmo de la inversión pública en Estados Unidos.

En cuanto a los trabajos realizados con datos españoles de Bajo y Sosvilla (1993), Argimón et al. (1993) y Mas et al. (1993), es importante señalar que todos ellos emplean la metodología de Aschauer y encuentran una relación positiva y significativa entre la productividad privada y el capital público, aunque utilizan distintas medidas de este último. En estos trabajos, las distintas funciones de producción Cobb-Douglas se estiman con variables en niveles lo que, dado el carácter no estacionario de las series utilizadas, se justifica por la existencia de relaciones de cointegración entre las mismas.

En el trabajo de Bajo y Sosvilla (1993) se utiliza el stock de capital de las Administraciones públicas como una medida del capital público, por lo que no se distingue entre infraestructuras y otras inversiones públicas. Con esta medida del stock de capital y la inclusión de la tasa de utilización de la capacidad productiva como un regresor adicional en el modelo econométrico, se estima para el período muestral 1964-1988 una elasticidad de la producción privada respecto al ratio entre el capital público y el capital privado que es estadísticamente significativa e igual a 0.19. En este trabajo se considera una segunda especificación, donde se miden las variables capital público y capital privado en términos de flujo, en lugar de stocks, obteniendo resultados muy similares a los de la primera especificación.

En el estudio de Argimón et al. (1993) se utiliza el stock de infraestructuras públicas relacionadas con transportes y comunicaciones como la medida del capital público en la ecuación (4). De hecho, se consideran cuatro medidas alternativas del stock

de infraestructuras, construidas por Argimón y Martín (1993): una para el total de las Administraciones públicas en términos de contabilidad nacional (CN); otra para el Estado, también en términos de CN; otra para el Estado, pero en términos de contabilidad pública (CP); y, finalmente, otra para el Estado en términos de CP que incluye, además de la inversión, las transferencias de capital. Con todas estas series se obtiene una estimación positiva y significativa de la elasticidad de la producción privada respecto al ratio entre el capital público y el capital privado para el período 1964-1989. En concreto, con la serie de infraestructuras para el Estado en términos de CN, dicha elasticidad es igual a 0.60, que es considerablemente superior a la obtenida por Bajo y Sosvilla (1993). Argimón et al. (1993) atribuyen la diferencia entre las estimaciones de ambos trabajos al hecho de que es la inversión en infraestructuras la que tiene un mayor efecto sobre la productividad privada, frente a otras inversiones públicas. De hecho, estos autores no encuentran una relación significativa entre productividad y el resto de las inversiones públicas.

En el trabajo de Mas et al. (1993) se distingue entre capital público productivo (carreteras, autopistas de peaje, puertos, infraestructuras hidráulicas y estructuras urbanas) y capital público no productivo (sanidad y educación), incorporando ambos por separado en la función de producción. Con datos anuales para el período 1965-1991 se obtiene una elasticidad del producto con respecto al capital público productivo de 0.24. En este estudio, también se especifica un modelo econométrico con datos de panel para las regiones españolas durante el período 1980-1989 obteniendo, en este caso, una elasticidad menor del capital público en infraestructuras.

Es importante resaltar que, aunque los trabajos que acabamos de resumir alcanzan distintos resultados, incluso contradictorios en el caso de la economía americana, todos ellos utilizan el mismo instrumento de análisis: un *modelo uniecuacional* (función de producción Cobb-Douglas), a partir del cual se estima la elasticidad del output con respecto al capital público.

En el trabajo más reciente de Flores et al. (1994) se señalan las serias limitaciones de la utilización de un enfoque uniecuacional y se aborda el estudio de las relaciones entre la inversión pública en infraestructuras y el crecimiento del producto agregado, el empleo y el capital privado en la economía española, en el contexto de un *modelo multiecuacional dinámico*. Este modelo permite considerar explícitamente el total de relaciones dinámicas entre las cuatro variables objeto del análisis. Los resultados de este trabajo sugieren que los efectos de la inversión pública en infraestructuras sobre las tasas

de crecimiento del producto, empleo y capital privado son importantes. Concretamente, un incremento transitorio de un punto porcentual en la tasa de crecimiento del capital público en infraestructuras, incrementa de forma permanente los niveles de producto, empleo y capital privado. Además este efecto se prolonga durante más de siete años. Al cabo de estos siete años, los niveles de estas variables se sitúan 2.8, 0.3 y 3.1 puntos porcentuales, respectivamente, por encima de sus niveles esperados (esto es, de los niveles que se hubiesen alcanzado en ausencia del impulso sobre la tasa de crecimiento del stock de capital público). A este planteamiento más general en un contexto multivariante estocástico, nos referiremos en las secciones 3 y 4 de este trabajo, ya que se trata del mismo marco metodológico en que se lleva a cabo el análisis de los efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre la productividad del sector privado, objeto del presente estudio.

## 2.2. ESTUDIOS SOBRE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIONES

La importancia creciente de las infraestructuras de telecomunicaciones para el desarrollo de las economías modernas se reconoce generalmente de forma explícita por gran parte de los agentes sociales, tal y como se pone de manifiesto en el reciente documento presidencial de Clinton y Gore (1993). Este informe resalta el fuerte impacto que la inversión en la industria de telecomunicaciones ejerce sobre el crecimiento económico, dado que dicha industria puede considerarse parte de la infraestructura básica de una economía. En particular, se reconoce que los avances tecnológicos experimentados en el campo de las telecomunicaciones durante las últimas décadas ha contribuido enormemente a aumentar la competitividad de las empresas y, por tanto, el crecimiento de la economía americana.

La cuantificación de la importancia de este fenómeno ha recibido bastante atención en otros países. Cabe citar el trabajo de Hardy (1980), el libro clásico de Saunders, Warford y Wellenius (1987), y el artículo más reciente de Cronin, Parker, Collier y Gold (1991). En estos trabajos se analiza la influencia de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el desarrollo económico de distintos países, con especial énfasis en el caso de Estados Unidos. En todos ellos se ha encontrado un efecto significativo de la inversión en telecomunicaciones sobre el desarrollo económico.

El trabajo de Hardy (1980) fue uno de los pioneros en abordar este tema desde un punto de vista empírico. Con datos de 45 países y para el período 1960-1973 se

estudia la relación existente entre el PNB y la inversión en telecomunicaciones (medida por el número de teléfonos per capita). Este análisis sugiere que el efecto de la inversión en telecomunicaciones sobre el PNB está inversamente relacionado con el nivel previo de desarrollo en telecomunicaciones. Esto es, los mayores efectos de la inversión en telecomunicaciones sobre el PNB se detectaron en las economías menos desarrolladas, mientras que los efectos más pequeños corresponden a los países con mayor nivel de desarrollo económico.

Los libros del Banco Mundial de Saunders, Warford y Wellenius (1987, 1994) analizan las relaciones entre telecomunicaciones y crecimiento económico desde diversos ángulos: funciones de las telecomunicaciones, costos, organización, aspectos macro y microeconómicos de los beneficios derivados de las telecomunicaciones, y análisis de algunos casos concretos de diversos países. La parte del libro de 1987 más directamente relacionada con este trabajo sería la parte II: Análisis macroeconómico de los beneficios, que consiste en análisis de correlación entre diversas medidas de equipamiento y utilización de las telecomunicaciones con medidas de bienestar económico, especialmente el PIB. En este capítulo se apunta la necesidad de llevar a cabo estudios econométricos con datos más desagregados y técnicas más sofisticadas, y en concreto se señalan las limitaciones del enfoque uniecuacional (véase pág. 97).

El trabajo posterior de Cronin et al. (1991) se centra en el caso de Estados Unidos. Utilizando datos anuales para el período 1958-1988 se intenta dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿es la inversión en telecomunicaciones un estímulo que contribuye al crecimiento económico o es, por el contrario, una mera consecuencia del mismo?. El análisis empírico sugiere la existencia de un efecto en ambas direcciones: no sólo aumentos en el PNB provocan aumentos en la inversión de telecomunicaciones, sino también la inversión en telecomunicaciones estimula el crecimiento económico. No obstante, estos resultados se obtienen a partir de contrastes de causalidad bidireccional (Granger y Sims), por lo que no se presentan estimaciones del efecto de la inversión en telecomunicaciones sobre el producto.

Cronin et al. (1993b) usan 33 años de datos anuales agregados de la economía norteamericana, para estimar una función de producción estándar. Sus resultados sugieren que el 25% del crecimiento de la productividad entre los años 70 y 90 fue atribuible a las mejoras en las telecomunicaciones.

Cronin et al. (1993a) llevan a cabo un análisis similar al del trabajo anterior



usando datos desagregados a nivel estatal, y llegan a conclusiones similares a las que se obtuvieron previamente con datos más agregados.

Dholakia y Harlam (1994) examinan el efecto que tienen las inversiones en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el desarrollo económico en Estados Unidos, usando para ello un panel de datos de los cincuenta estados contiguos de la Unión, y encuentran una relación positiva entre inversión en infraestructuras de telecomunicaciones y el nivel de actividad económica. Sin embargo sus estimaciones varían de forma considerable para las diferentes especificaciones y técnicas de estimación que presentan, lo cual resta fiabilidad a sus conclusiones.

El trabajo de Blanco-Losada (1994) ilustra las relaciones entre crecimiento económico y demanda de líneas y servicios telefónicos. Se usan para ello datos nacionales tanto agregados como desagregados por sectores, así como comparaciones internacionales. Se utilizan modelos de demanda de líneas telefónicas en España para ilustrar cómo ésta depende positivamente del nivel de desarrollo económico, así como negativamente de los precios del servicio.

Greenstein y Spiller (1995) analizan los efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre la actividad económica de dos sectores concretos de la economía norteamericana: fuego, seguros e inmobiliaria; y manufacturas. Los datos se refieren a 101 compañías telefónicas locales pertenecientes a los cincuenta estados contiguos, y cubren el período 1986-1992 (un total de 606 observaciones). Los resultados empíricos sugieren que hay un efecto positivo y significativo de las inversiones en modernización de la red de telecomunicaciones sobre el primer sector, mientras que parece no existir ningún efecto apreciable sobre el sector manufacturero.

En el trabajo de Orr (1995) se sintetizan los beneficios que aportan las telecomunicaciones al conjunto de la economía, que aunque no son únicos, son diferentes en algunos aspectos de los que aportan otros sectores.

1. Los beneficios directos que tienen las inversiones en telecomunicaciones sobre el crecimiento económico. Las infraestructuras de telecomunicaciones tienen, al igual que otras infraestructuras, un efecto posibilitador mayor que el de otras inversiones, como por ejemplo las inversiones en el sector del comercio.

2. Los beneficios para la economía de los servicios de telecomunicaciones, incluso para las personas que no los están consumiendo ni pagando (efectos externos). Los efectos externos de red y de uso son importantes en el desarrollo de nuevas redes, tales como Internet o Infovía.

3. Ahorros de costes debidos a que la producción de servicios de telecomunicaciones permite nuevas formas más eficientes de organización de las empresas. Dentro de este tipo de beneficios cabe destacar:

a. Economías de escala: se reparten los costes fijos entre un número mayor de unidades producidas.

b. Economías de alcance: se reparten los costes fijos entre un número mayor de unidades de diferentes productos.

c. Economías de aglomeración: se producen cuando se potencian las economías externas de la Investigación y Desarrollo (I+D) al concentrarse geográficamente las empresas.

En resumen, aunque hay un interés evidente por conocer y medir el efecto de las telecomunicaciones sobre el desarrollo económico; la mayoría de los trabajos existentes son esencialmente descriptivos, mientras que los estudios cuantitativos adolecen de las limitaciones que se han señalado, y que reducen su utilidad. La cuantificación del efecto de las telecomunicaciones sobre el desarrollo económico es un tema que ha estado siempre presente en la economía de las telecomunicaciones, aunque resulta técnicamente difícil de tratar, por lo que el presente estudio puede ser relevante, y viene a suplir una carencia evidente en este área.

A partir de la revisión de la literatura cabe destacar lo siguiente:

i) La mayor parte de los trabajos empíricos que analizan los efectos de la inversión pública en infraestructuras sobre el crecimiento económico se basan en un enfoque *uniecucional*, donde se estiman funciones de producción Cobb-Douglas a largo plazo. En estos trabajos, si la elasticidad del output con respecto al capital público en infraestructuras es cero, se considera que este último no tiene ningún efecto sobre la producción; mientras que si dicha elasticidad es estadísticamente distinta de cero, se considera que el capital público en infraestructuras es

productivo. Por lo tanto, el debate se ha centrado en la significatividad y el tamaño de la correspondiente elasticidad.

- ii) Los trabajos empíricos dedicados al análisis específico de los efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el crecimiento económico encuentran una relación bidireccional entre ambas. Sin embargo, se trata de estudios fundamentalmente descriptivos y no presentan estimaciones de dichos efectos.

Nuestra postura es que un modelo uniecuacional no es el marco adecuado para evaluar los efectos de la inversión en infraestructuras sobre el crecimiento económico ni, por consiguiente, para evaluar los mismos efectos con respecto a la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. Como se indica en Flores et al. (1994), el problema es que un modelo uniecuacional no recoge la presencia de *efectos dinámicos de retroalimentación* entre las variables relevantes.

Si la estimación del efecto de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el crecimiento económico se obtuviese a partir de una función de producción (donde la variable a explicar fuese el producto en el sector privado y las variables explicativas el empleo en el sector privado, la inversión total en el sector privado y la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones), nos encontraríamos con las siguientes limitaciones. En primer lugar, la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones puede tener dos efectos sobre la producción: (i) un *efecto directo* como un factor adicional en la función de producción y (ii) un *efecto indirecto* a través de la inversión privada total y del trabajo. Al mismo tiempo también puede ocurrir que el producto afecte al trabajo, a la inversión privada total y a la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. Y, finalmente, el trabajo y la inversión privada total pueden afectar a la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones. Por lo tanto, el *efecto final de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el producto es el resultado de un efecto directo* (el único que se obtendría a partir de la estimación de una función de producción) *y de muchos efectos indirectos*.

Según lo anterior, si existen relaciones dinámicas entre el producto, el empleo, la inversión privada total y la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, en lugar del marco uniecuacional, el marco de análisis adecuado es el *multiecuacional dinámico*, a fin de tener en cuenta los efectos *indirectos* señalados. En concreto, proponemos un modelo teórico conceptual similar al que utilizan Flores et al (1994) para

analizar los efectos de la inversión pública en infraestructuras sobre la economía española. Este modelo teórico está diseñado para minimizar el número de supuestos que conlleva, por lo que permite un gran *nivel de generalidad*, siendo especialmente relevantes las siguientes características:

- i) Facilita la integración de los conceptos básicos de Teoría Económica en un contexto econométrico.
- ii) No impone restricciones *a priori* sobre las relaciones dinámicas entre las variables, permitiendo relaciones de retroalimentación entre el producto, el empleo y la inversión privada total con la inversión pública en infraestructuras de telecomunicaciones por un lado y entre el producto y el empleo con la inversión privada total, por otro.
- iii) No requiere una especificación *a priori* de ninguna función de producción, ya que puede ser compatible con distintas especificaciones.

Además, esta formulación general permite tener en cuenta otros problemas técnicos que se han señalado anteriormente en la literatura (ver Tatom, 1991; Munnell, 1992). Las críticas fundamentales que, desde un punto de vista econométrico, han recibido las distintas especificaciones de una función de producción (y que también son aplicables al enfoque basado en funciones de costes) son las siguientes:

- i) La endogeneidad del trabajo y de la inversión privada total, por lo que su inclusión como regresores en un modelo econométrico da lugar a un sesgo en la estimación por mínimos cuadrados ordinarios.
- ii) El tratamiento inadecuado, en muchos casos, de las propiedades estadísticas de las series temporales utilizadas; en concreto, la no-estacionariedad y la posible existencia de relaciones de cointegración.

### 3. EL MODELO TEÓRICO

El modelo que se presenta en esta sección es una adaptación del utilizado en Flores et. al, (1994). Este modelo considera cuatro variables económicas: el producto en el sector privado  $Y_t$ , el nivel de empleo en el sector privado  $L_t$ , la inversión total en el sector privado  $I_t$  y la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones  $TC_t$  (de aquí en adelante, las letras minúsculas denotan el logaritmo neperiano de estas variables).

Se supone la existencia de dos sectores: el sector privado y, dentro de éste, el subsector de telecomunicaciones, y que ambos sectores tienen pleno control sobre diferentes variables. El sector privado controla  $y_t$ ,  $l_t$  e  $i_t$ , a las que en notación vectorial nos referiremos por  $z_t = (y_t, l_t, i_t)'$ , mientras que el subsector de telecomunicaciones determina  $tc_t$ . A continuación, se considera el comportamiento de ambos sectores:

**El sector privado** - El sector privado determina, en cada período  $t$ , los niveles de  $y_t$ ,  $l_t$  e  $i_t$  a partir de la información que los agentes tienen sobre los valores pasados de estas variables y los valores pasados y presentes de  $tc_t$ . Matemáticamente, esta tarea puede expresarse por:

$$\begin{aligned} z_t &= v_z(B) tc_t + \varepsilon_{zt} \\ \pi_z(B) \varepsilon_{zt} &= a_{zt} \end{aligned} \quad (5)$$

donde:

- $v_z(B)$  es un vector (3x1) de funciones de transferencia estables (ver Box y Jenkins, 1970):

$$v_z(B) = (v_y(B), v_l(B), v_i(B))'$$

de forma que cada función de transferencia viene dada por:

$$v_j(B) = v_{j0} + v_{j1}B + v_{j2}B^2 + \dots, \text{ para } j = y, l, i$$

donde  $B$  es el operador racional de retardos.

- $\varepsilon_{zt} = (\varepsilon_{yt}, \varepsilon_{lt}, \varepsilon_{it})'$  es un vector (3x1) de variables aleatorias.
- $\pi_z(B)$  es una matriz polinomial (3x3):

$$\pi_z(B) = I - \pi_1 B - \pi_2 B^2 - \dots$$

donde  $\pi_s$  es la matriz de coeficientes asociada al retardo  $s$ . El determinante de  $\pi_z(B)$  puede tener raíces sobre o fuera del círculo unidad.

-  $a_{zt} = (a_{yt}, a_{lt}, a_{it})'$  es un vector (3x1) de ruidos blancos con matriz de covarianzas contemporánea  $\Sigma_{zt}$ .

**El subsector de telecomunicaciones** - Este sector determina  $tc_t$  utilizando información sobre los valores pasados de todas las variables. Matemáticamente, esta tarea puede expresarse como:

$$\begin{aligned} tc_t &= v_c(B) z_t + \varepsilon_{ct} \\ \pi_c(B) \varepsilon_{ct} &= a_{ct} \end{aligned} \quad (6)$$

donde:

- $v_c(B)$  es un vector (1x3) de funciones de transferencia que cumplen la condición de estabilidad:

$$v_c(B) = (v_{cy}(B), v_{cl}(B), v_{ci}(B))$$

- $\varepsilon_{ct}$  es un término escalar de perturbación.
- $\pi_c(B)$  es un polinomio en  $B$  de orden infinito, cuyas raíces pueden estar sobre o fuera el círculo de radio unidad:

$$\pi_c(B) = I - \pi_{c1}B - \pi_{c2}B^2 - \dots$$

- $a_{ct}$  es ruido blanco, con varianza  $\sigma_c^2$  e independiente de los elementos de  $a_{zt}$ .

Obsérvese que:

- En la ecuación (6) se tiene que  $v_{cy}(0) = v_{cl}(0) = v_{ci}(0) = 0$ . Esta restricción es consecuencia del supuesto realizado acerca del conjunto de información que utiliza el subsector de telecomunicaciones para determinar  $tc_t$ . Dicho conjunto no incluye  $z_t$  y, por tanto, ninguno de sus componentes debe tener efectos en la determinación de  $tc_t$ . Por otro lado, se permite que en (5)  $v_z(0)$  pueda ser distinto de cero ya que se supone que el conjunto de información del sector privado incluye  $tc_t$ .
- Los elementos del vector  $a_{zt}$  se suponen independientes de  $a_{ct}$ . Otra forma de expresar este mismo supuesto es considerar que tanto el sector privado como el

subsector de telecomunicaciones tienen un control total de sus correspondientes variables. Este control no sería total si alguno de los elementos de  $a_y$  pudiera afectar de forma sistemática a  $a_{ct}$  (o viceversa).

- iii) La ecuación (6) recoge explícitamente la posible retroalimentación de las variables del sector privado hacia el subsector de telecomunicaciones. Si el subsector de telecomunicaciones no utilizase información sobre los valores pasados de las variables del sector privado, no existiría esta relación y, por lo tanto, la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sería una variable exógena.

Como indican los puntos (i) y (ii), en la formulación del modelo hay dos supuestos básicos: asimetría e independencia.

**Supuesto 1: Asimetría** - Establece que  $\Omega_y$  y  $\Omega_{ct}$ , que denotan respectivamente los conjuntos de información del sector privado y del subsector de telecomunicaciones en el momento  $t$ , se definen como:

$$\Omega_{ct} = \{z_{t-j}, tc_{t-j}; tc_t\}, \quad j = 1, 2, \dots$$

$$\Omega_y = \{z_{t-j}, tc_{t-j}\}, \quad j = 1, 2, \dots$$

La interpretación de este supuesto es la siguiente:

- i) Se establece que tanto el sector privado como el subsector de telecomunicaciones conocen al principio del período los valores pasados de todas las variables que controlan ambos sectores.
- ii) El sector privado conoce en cada período el valor actual de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, mientras que el subsector de telecomunicaciones no conoce los valores actuales de las variables que se determinan en el sector privado; de aquí, que este supuesto se denomine *asimetría*. Este supuesto es consistente con el hecho de que el subsector de telecomunicaciones anuncia con antelación, esto es, al principio de cada período, el volumen de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones planificada para el correspondiente período. Por lo tanto, dicho volumen de inversión en el período  $t$  forma parte del conjunto de información de los agentes privados en el

mismo período. Por el contrario, los valores de las variables que se determinan en el sector privado durante el período  $t$  no forman parte del conjunto de información del subsector de telecomunicaciones al principio de ese período.

- iii) Según el punto anterior, el sector privado conoce el volumen de formación de capital en infraestructuras de telecomunicaciones que se anuncia en cada período. Se supone que el subsector de telecomunicaciones cumple el plan que ha anunciado y se deja al análisis empírico determinar si el sector privado utiliza o no esa información. En caso de que no la utilizara, los conjuntos relevantes de información serían los mismos; esto es, estaríamos ante el supuesto de simetría. No obstante, creemos que imponer simetría *a priori* es innecesariamente restrictivo.

**Supuesto 2: Independencia** - Si  $a_{yt}$ ,  $a_{ht}$ ,  $a_{it}$  y  $a_{ct}$  son los errores de ruido blanco asociados respectivamente a las ecuaciones del output, el trabajo, la inversión total y la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, este supuesto consiste en que  $a_{ct}$  es independiente de  $a_{yt}$ ,  $a_{ht}$  y  $a_{it}$ .

Con esto se establece que los *shocks* aleatorios en la evolución de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones son independientes de los *shocks* en las variables que determina el sector privado (nótese que los *shocks* aleatorios en las variables del sector privado,  $a_{yt}$ ,  $a_{ht}$  y  $a_{it}$ , pueden estar contemporáneamente correlacionados). Como se ha dicho anteriormente, este supuesto está directamente relacionado con la separación de funciones entre ambos sectores; de hecho, no sería posible la consideración de dos sectores con tareas diferentes si no se supone que los *shocks* específicos de cada sector son independientes.

Desde un punto de vista econométrico, se puede argumentar que en un modelo estructural las posibles variables omitidas y los errores de medida pueden dar lugar a que las perturbaciones de las distintas ecuaciones estén contemporáneamente correlacionadas. Permitir dicha correlación provoca problemas de identificación en el modelo que, generalmente, se resuelven imponiendo restricciones *a priori* sobre la estructura dinámica del mismo. Esta forma de proceder no sólo no resuelve el problema de variables omitidas y errores de medida, sino que además pensamos que puede ser inadecuada en este caso, ya que el objetivo fundamental de este análisis es estudiar las relaciones dinámicas entre todas las variables del modelo.

Es importante señalar que Asimetría e Independencia son dos supuestos que conjuntamente constituyen una condición suficiente de identificabilidad exacta de los parámetros del modelo teórico. Aunque dicha identificabilidad también puede lograrse imponiendo restricciones *a priori* en la dinámica del modelo, nosotros hemos preferido la primera opción.

**Funciones de respuesta a un impulso** - A partir del modelo especificado en las ecuaciones (5) y (6), el objetivo es analizar la reacción de las variables del sector privado a un *shock* en  $tc_t$ . A partir de (5) y (6), el vector  $z_t$  puede expresarse como:

$$z_t = \Psi_c(B) a_{ct} + \Psi_z(B) a_{zt} \quad (7)$$

donde:

$$\begin{aligned} \Psi_c(B) &= [I - v_z(B) v_c(B)]^{-1} v_z(B) \pi_c(B)^{-1} \\ &= \Phi_{c0} + \Phi_{c1} B + \Phi_{c2} B^2 + \dots, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Psi_z(B) &= [I - v_z(B) v_c(B)]^{-1} \pi_z(B)^{-1} \\ &= I + \Phi_{z1} B + \Phi_{z2} B^2 + \dots, \end{aligned} \quad (9)$$

La secuencia de coeficientes asociados con el polinomio  $\Psi_c(B)$  de la ecuación (8) es la función de respuesta de  $z_t$  frente a un impulso en  $a_{ct}$ ; esto es,  $\partial z_t / \partial a_{ct-j}$  para  $j=0, 1, 2, \dots$ . Esta función evalúa las consecuencias dinámicas de un cambio en  $tc_t$  sobre las variables del sector privado. Su estimación es el objetivo fundamental de este análisis.

La información que proporciona la función de respuesta a un impulso se complementa con la de la función de respuesta a un escalón. El valor de esta función en el instante  $j$  recoge los efectos acumulados, desde un instante inicial  $t$  hasta el  $j$ , de un *shock* transitorio unitario en  $a_{ct}$ , por lo que se obtiene como la suma acumulada de las correspondientes respuestas a un impulso.

Obsérvese que por el supuesto 2,  $a_{ct}$  es independiente de las perturbaciones de la ecuación (5), por lo que la función de respuesta de  $z_t$  a un impulso de  $a_{ct}$  no depende de las correlaciones contemporáneas entre las variables en  $z_t$ . Este hecho es importante, ya que a la hora de analizar los efectos de cambios en  $tc_t$  sobre  $z_t$ , no es necesario especificar un modelo estructural completo, sino que el modelo de las ecuaciones (5) y (6) junto con los supuestos 1 y 2 es todo lo que se necesita. No obstante, al no tratarse de un modelo

estructural completo, este modelo no permite conocer los mecanismos concretos a través de los cuáles la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones afecta a las variables del sector privado.

Finalmente, uno puede estar interesado en analizar los efectos de *shocks* en  $i_t$  y/o  $l_t$  sobre  $y_t$ . Lo mismo que para el caso de  $tc_t$ , el estudio de estos efectos requiere la utilización de funciones de respuesta a un impulso ortogonalizadas. Sin embargo, dado que se supone que los residuos del vector  $a_{yt}$  están contemporáneamente correlacionados, el polinomio  $\Psi_z(B)$  de la ecuación (9) no tiene la misma interpretación que  $\Psi_c(B)$ .

**Estrategia de estimación** - El modelo (5)-(6) puede escribirse en forma matricial como  $\Pi_w(B) w_t = a_{wt}$ , siendo  $\Sigma$  la matriz de correlaciones contemporáneas de  $a_{wt}$ . Esto es:

$$\begin{pmatrix} \pi_z(B) & -\pi_z(B) v_z(B) \\ -\pi_c(B) v_c(B) & \pi_c(B) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_t \\ tc_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{zt} \\ a_{ct} \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma_z & 0 \\ 0 & \sigma_c^2 \end{pmatrix} \quad (11)$$

El modelo estocástico multivariante en (10) no está normalizado ya que:

$$\Pi_w(0) = V = \begin{pmatrix} I & -v_{z0} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

donde  $v_{z0} = (v_{z0} \ v_{t0} \ v_{t0})'$  es el vector de efectos contemporáneos de  $tc_t$  sobre  $z_t$ .

No obstante, el modelo puede normalizarse fácilmente premultiplicando la ecuación (10) por  $V^{-1}$ :

$$\Pi_w^+(B) w_t = a_{wt} \quad (13)$$

donde:

$$\Pi_w^*(B) = V^{-1} \Pi_w(B)$$

$$a_{wt}^* = V^{-1} a_{wt}$$

En el modelo (13), la matriz de covarianzas contemporánea de  $a_w^*$  es  $\Sigma^*$ , que viene dada por:

$$\Sigma^* = V^{-1} \Sigma (V^{-1})' = \begin{pmatrix} \Sigma_z + v_{z0} v_{z0}' \sigma_c^2 & v_{z0} \sigma_c^2 \\ v_{z0}' \sigma_c^2 & \sigma_c^2 \end{pmatrix} \quad (14)$$

Nótese que el modelo formado por las ecuaciones (13) y (14) es un modelo que está exactamente identificado y expresado en forma VARMA (en su representación autorregresiva infinita). Esto implica que la estimación del modelo (10)-(11) puede llevarse a cabo de la siguiente manera: una representación VARMA de (13)-(14) se construye a partir de los datos utilizando la metodología desarrollada por Tiao y Box (1981) o Jenkins y Alavi (1981), modificada con objeto de tratar adecuadamente la posible presencia de cointegración. Una vez estimadas las ecuaciones (13) y (14), a partir de la ecuación (14) se estima  $V$ , ya que  $v_{z0}$  puede obtenerse multiplicando la submatriz en la posición (1,2) de (14) por el valor estimado de  $1/\sigma_c^2$ . Seguidamente, es posible estimar  $\Pi_w(B)$  simplemente premultiplicando la ecuación (13) por la estimación de  $V$ . Una vez estimados (10) y (11), la estimación de las funciones de respuesta a un impulso es inmediata a partir de (8).

## 4. ANÁLISIS EMPÍRICO

En esta Sección se describen las fuentes, período muestral y datos concretos utilizados. Se resume el proceso de construcción del modelo econométrico que ha servido para el cálculo de los efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el crecimiento de la economía española y se presentan los resultados de este análisis empírico.

Con objeto de facilitar lectura del trabajo, los detalles econométricos se recogen en el Apéndice Técnico.

### 4.1 Datos

Se han utilizado 30 datos anuales para el período 1964 - 1993. La fuente principal ha sido la base de datos "SERIES" del Ministerio de Economía y Hacienda (MEH), aunque en algún caso ha sido necesario recurrir a Telefónica de España, S.A. (TESA) y a estudios previos realizados por otros autores.

Las variables y medidas concretas utilizadas han sido las siguientes:

Para la producción de la economía (Y) se ha utilizado el Producto Nacional Bruto a precios de mercado, obtenido de la base de datos del MEH. Los datos se encuentran medidos en miles de millones (m.m.) de pesetas del año 1986. Para la Inversión total (I) se ha utilizado la Formación Bruta de Capital Fijo, obtenida también de la base de datos del MEH y medida en las mismas unidades que la producción. Para la serie de empleo total (L) se ha utilizado la serie de Ocupados Totales, expresada en miles de trabajadores y obtenida a partir de dos fuentes diferentes: la base de datos del MEH para datos posteriores a 1977 y el trabajo de García y Gómez (1993) para los datos correspondientes al período 1964-1977. Las dos series de Ocupados han sido enlazadas utilizando un modelo univariante de intervención del tipo Box y Tiao (1975). Por último la variable Inversión en infraestructuras de telecomunicaciones ha sido aproximada por la serie del mismo nombre correspondiente a las inversiones en infraestructuras llevadas a cabo por TESA durante el período considerado. Las unidades en este caso son cientos de millones de pesetas del año 1986. Las fuentes en este caso han sido Telefónica de España, S.A. para los datos en pesetas corrientes y el MEH para el deflactor implícito de la Formación Bruta de Capital Fijo, necesario para convertir las pesetas corrientes a pesetas del año

1986. Las series de datos utilizadas en este análisis se reproducen en el Apéndice de Datos, al final del trabajo.

Los gráficos 1-4 muestran la evolución de estas variables a lo largo del período muestral; todas las series, excepto ocupados, muestran una clara tendencia creciente. Dicha tendencia se trunca hacia el final de la muestra poniendo de manifiesto la recesión sufrida por nuestro país durante los años 1991, 1992 y 1993.

Gráfico 1

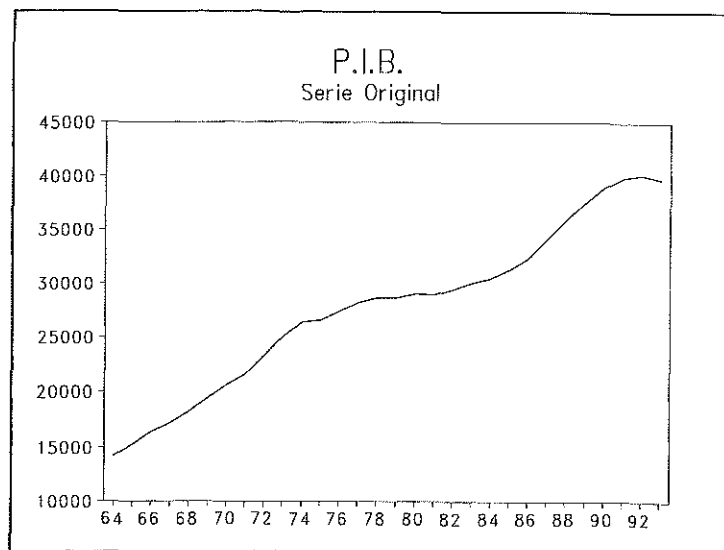


Gráfico 2

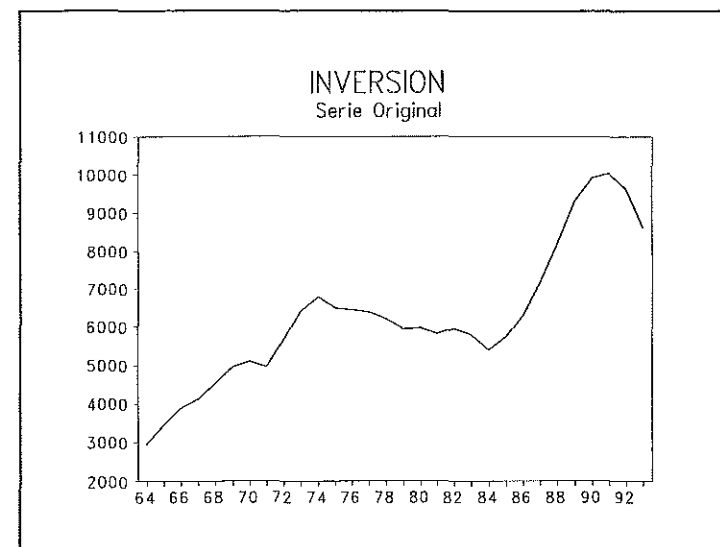


Gráfico 3

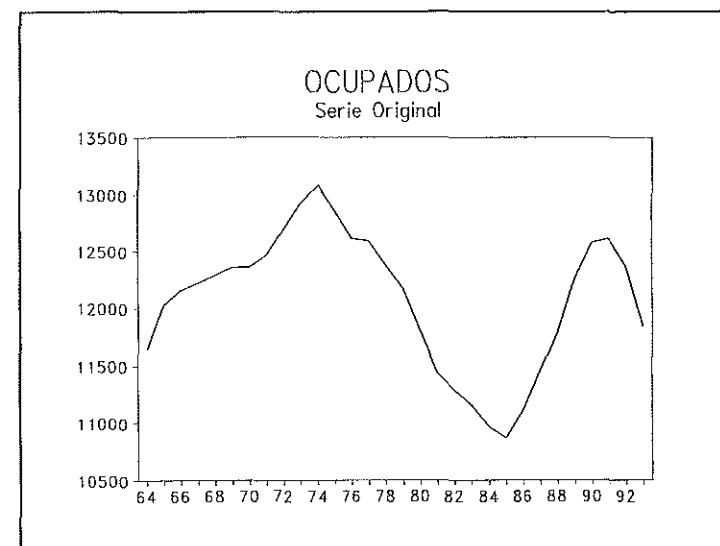


Gráfico 4

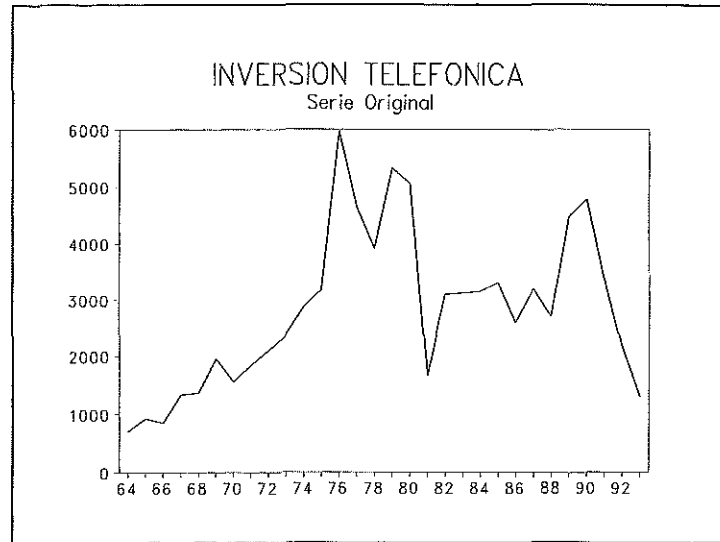
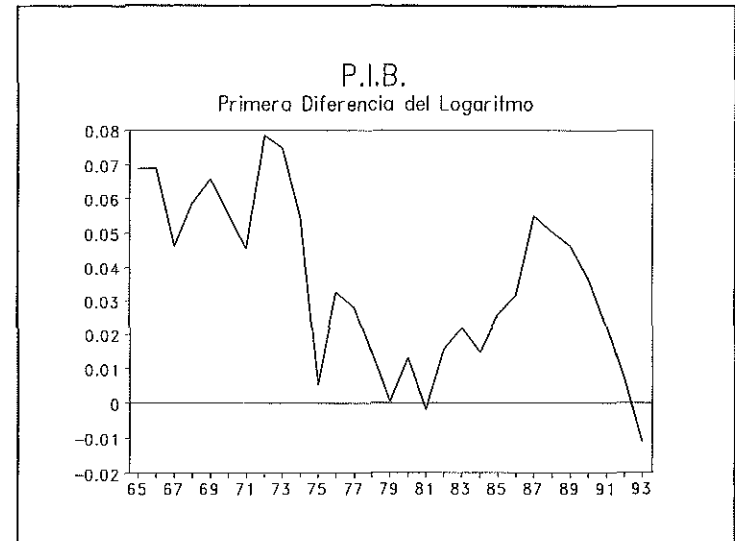


Gráfico 5



Los gráficos 5-8 muestran la evolución de las tasas anuales de variación, calculadas como las primeras diferencias de los logaritmos de los niveles de las variables. Mientras que tanto la producción como la inversión de la economía presentan un crecimiento medio estimado en torno al 3%, las series de ocupados e inversión en infraestructuras de telecomunicaciones presentan un crecimiento medio estimado nulo. Estos gráficos ponen también de manifiesto la última recesión de nuestra economía. Todas las variables durante 1992 y 1993 registran tasas de crecimiento negativas.

Gráfico 6

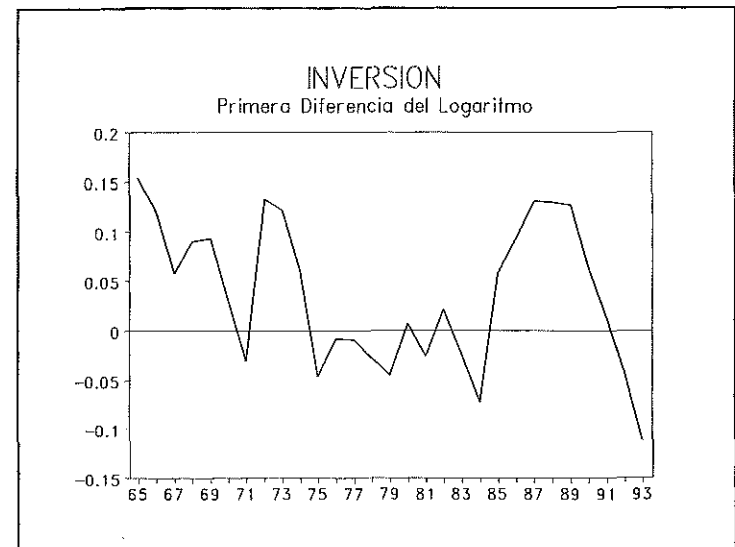




Gráfico 7

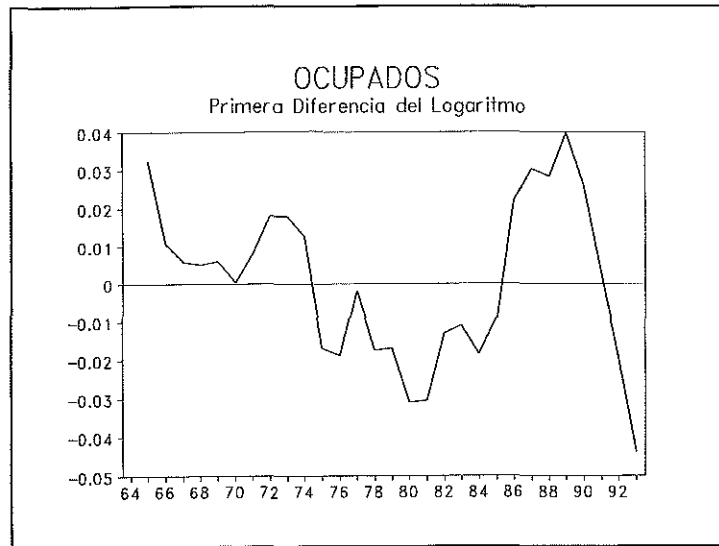
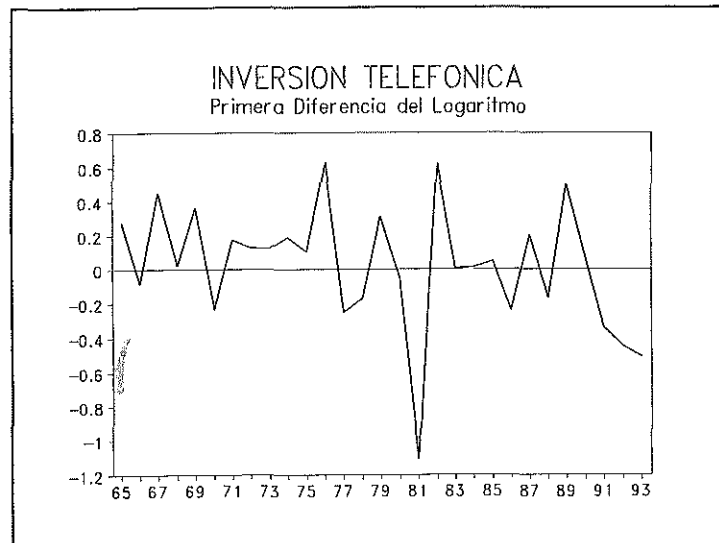


Gráfico 8



## 4.2 Modelo Económico

En la elaboración del modelo econométrico que sirve de base para la obtención de los resultados que se presentan en el apartado 5.3, se han seguido las siguientes etapas:

1. Estudio de las propiedades estadísticas de las series temporales utilizadas: orden de integración, tipo de autocorrelación, número y tipo de relaciones de cointegración. Los instrumentos básicos utilizados han sido los modelos ARIMA univariantes del tipo Box y Jenkins (1970) y el estadístico Traza de Johansen (1988). Nuestro análisis sugiere que todas las variables necesitan de la transformación logarítmica para homogeneizar su varianza y parecen ser integradas de orden 1, esto es, todas las variables necesitan una diferencia para ser estacionarias. Todas las variables presentan estructuras autorregresivas, excepto la serie de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones que sigue un paseo aleatorio sin constante. Por último, el contraste de la traza de Johansen indica que no existen relaciones de cointegración entre las variables estudiadas.

2. El análisis anterior nos obliga a trabajar con las tasas de variación de las variables en lugar de con sus niveles. Para el vector de variables formado por las tasas de variación del producto, inversión, ocupados e inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, series  $z_{1t}$ ,  $z_{2t}$ ,  $z_{3t}$  y  $z_{4t}$  respectivamente, se elabora un proceso ARMA vectorial, VARMA(p,q), del tipo Tiao y Box (1981). Dicho proceso resulta ser el proceso VMA(2) siguiente:

$$\begin{bmatrix} z_{1t} \\ z_{2t} \\ z_{3t} \\ z_{4t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .036 \\ .036 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -.63 & 0 & 0 & 0 \\ -.85 & 0 & -2.46 & 0 \\ 0 & -.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} B \begin{bmatrix} -.20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} B^2 \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ a_{3t} \\ a_{4t} \end{bmatrix}$$

Las desviaciones típicas de cada coeficiente estimado serían:

$$\begin{bmatrix} .003 \\ .002 \\ - \\ - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} .128 & - & - & - \\ .235 & - & .120 & - \\ - & .026 & - & - \\ - & - & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} .112 & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & .030 & - & - \\ - & - & - & - \end{bmatrix}$$

3. A partir del modelo anterior y utilizando los resultados de la Sección 2, se estiman las funciones de respuesta del producto, inversión total y empleo (expresión 7) a un "shock" unitario en la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones.

El lector interesado puede encontrar más detalles relativos a las etapas 1-3 en el Apéndice Técnico.

#### 4.3 Funciones de Respuesta

La Tabla 1 presenta las respuestas de las tasas de variación del producto (columna 2), inversión (columna 3) y empleo (columna 4) ante un incremento transitorio, en un año cualquiera (T), de un punto porcentual en la tasa de variación de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones (columna 5). Los números entre paréntesis son los estadísticos t de significación individual.

Un aumento transitorio de un punto porcentual en la tasa de variación de inversión en telecomunicaciones en un año T, provocará un aumento de 0,025 puntos porcentuales en la tasa de variación del PIB para ese mismo año, sin embargo el efecto sobre el PIB no acaba en T sino que se prolonga 2 años más, esto es, la tasa de variación del PIB seguirá aumentando 0,016% puntos porcentuales en el año T+1 y 0,005 puntos porcentuales en el año T+2. Estos crecimientos deben interpretarse como adicionales a los que se hubieran producido en el caso de que la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones no hubiera experimentado cambio alguno.

TABLA 1

Funciones Respuesta Impulso				
Años	PIB	INVERSIÓN	EMPLEO	INV. TELECO.
T	0,025 (3,05)	0,069 (2,9)	0,015 (2,4)	1,0
T+1	0,016 (2,6)	0,058 (2,8)	0,017 (2,8)	-
T+2	0,005 (1,5)	-	0,010 (2,5)	-

Los efectos sobre la tasa de variación de la Formación Bruta de Capital Fijo de la economía serán de 0,069 puntos porcentuales en el año T y 0,058 puntos en el año T+1. Para la tasa de variación del empleo serán de 0,015 puntos en T, 0,017 puntos en T+1 y 0,010 en T+2.

Un incremento transitorio de un punto porcentual en la tasa de variación de una variable es equivalente a un aumento permanente de un 1% en el nivel de la variable, por lo tanto, los incrementos transitorios en las tasas de variación del producto, empleo e inversión, debidos al incremento transitorio en la tasa de variación de la inversión en telecomunicaciones, equivalen a cambios de carácter permanente en los niveles de dichas variables.

A modo de ejemplo la Tabla 2 presenta las respuestas de los niveles del producto (columna 2), inversión (columna 3) y empleo (columna 4) ante un incremento permanente de un punto porcentual en el nivel de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones (columna 5) durante el año 1994.

TABLA 2

AÑOS	PIB	INVERSIÓN	EMPLEO	INVER. TELECO.
1994	100,054	56,365	17,151	137,389
1995	168,193	107,215	36,046	137,389
1996	194,500	110,480	47,335	137,389
1997	200,424	113,845	47,335	137,389
1998	206,527	117,312	47,335	137,389
1999	212,817	120,885	47,335	137,389
2000	219,298	124,566	47,335	137,389

Los niveles en 1993 del PIB, Inversión, Ocupados e Inversión en infraestructuras de telecomunicaciones fueron 39.725,4 m.m. de pesetas de 1986 (pts/86), 8.605,2 m.m. de pts/86, 11.837,53 miles de personas y 1.306,34 cientos de millones de pts/86.

Un ejemplo más relista consiste en determinar los efectos que sobre los niveles de las tres primeras variables tendría un aumento permanente de un 10% (un aumento transitorio de diez puntos porcentuales en la tasa de crecimiento de la variable) en el nivel de la inversión en telecomunicaciones, esto es un aumento permanente de (137,39 cientos de millones de pts/86).

Desde el año 1994 al 2000, la Tabla 2 recoge el incremento que hubieran experimentado los niveles de las variables. En el año 1994 el nivel del PIB habría aumentado en 100,05 m.m. de pts/86, la inversión en 56,37 m.m de pts/86 y el empleo en 17.150 personas.

Las filas 2-7 muestran los incrementos de nivel, respecto a la situación de crecimiento nulo de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones, asociados a cada una de las variables, hasta el año 2000. Es importante destacar que los efectos más importantes tienen lugar durante los años 1994, 1995 y 1996, de hecho, a partir de 1996 el nuevo nivel alcanzado por la inversión en telecomunicaciones (1.443,72 cientos de millones de pts/86) deja de tener efectos sobre los niveles del resto de variables. Las diferencias que se observan entre los niveles alcanzados por las variables bajo las dos situaciones contempladas (crecimiento cero versus crecimiento de diez puntos porcentuales en 1994, de la inversión en telecomunicaciones) se deben al crecimiento medio del 3% estimado para el PIB y la Inversión total.

Las Tablas 3 y 4 recogen los valores numéricos tomados por cada una de las variables, en cada situación. La Tabla 3 recoge la evolución de los niveles bajo el supuesto de crecimiento nulo de la inversión en telecomunicaciones a partir de 1993. La Tabla 4 recoge la evolución de los niveles de las mismas variables bajo el supuesto de que en 1994 se produce un aumento en el nivel de la inversión en telecomunicaciones del 10% respecto al alcanzado en 1993, y además, el nuevo nivel se mantiene para el período 1995-2000.

TABLA 3

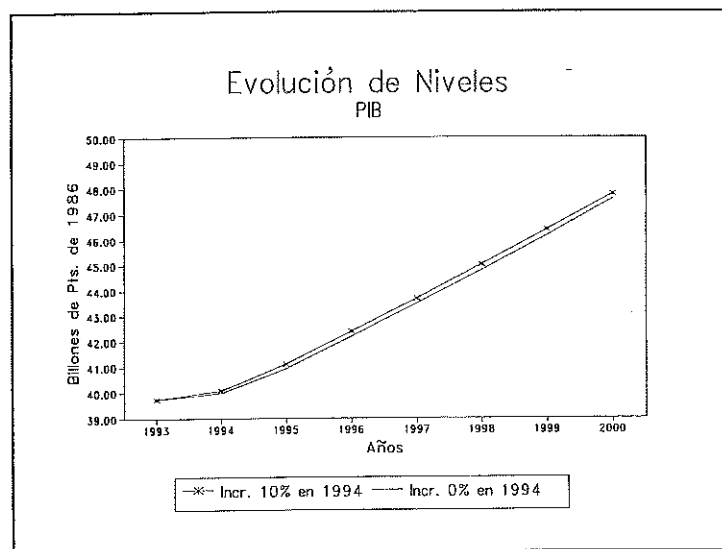
AÑOS	PIB	INVERSIÓN	OCUPADOS	INV. TELECO
1993	39725,40	8605,20	11837,53	1306,34
1994	39971,56	8140,73	11425,11	1306,34
1995	40938,69	8388,65	11246,47	1306,34
1996	42185,46	8644,12	11246,47	1306,34
1997	43470,20	8907,37	11246,47	1306,34
1998	44794,07	9178,64	11246,47	1306,34
1999	46158,25	9458,18	11246,47	1306,34
2000	47563,98	9746,22	11246,47	1306,34

TABLA 4

AÑOS	PIB	INVERSIÓN	OCUPADOS	INV. TELECO.
1993	39725,40	8605,20	11837,53	1306,34
1994	40071,61	8197,09	11442,26	1443,72
1995	41106,89	8495,86	11282,52	1443,72
1996	42379,96	8754,60	11293,80	1443,72
1997	43670,63	9021,22	11293,80	1443,72
1998	45000,59	9295,96	11293,80	1443,72
1999	46371,07	9579,06	11293,80	1443,72
2000	47783,27	9870,79	11293,80	1443,72

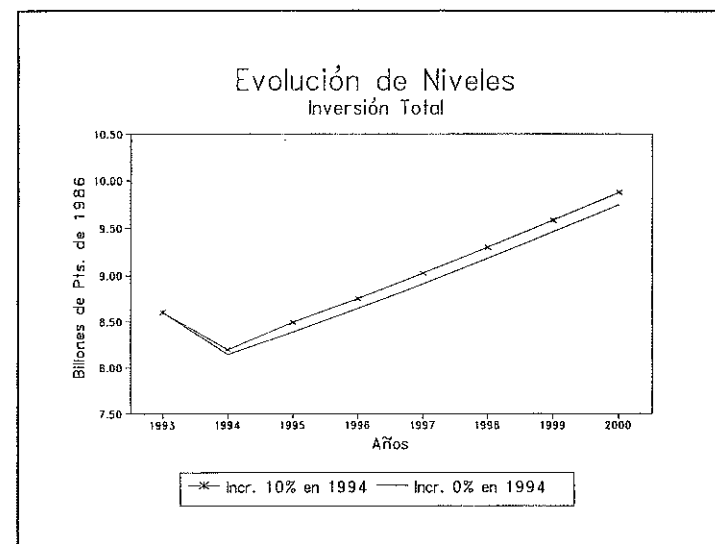
Los gráficos 9-11 muestran la evolución de los niveles de cada una de las variables bajo las dos situaciones consideradas.

Gráfico 9



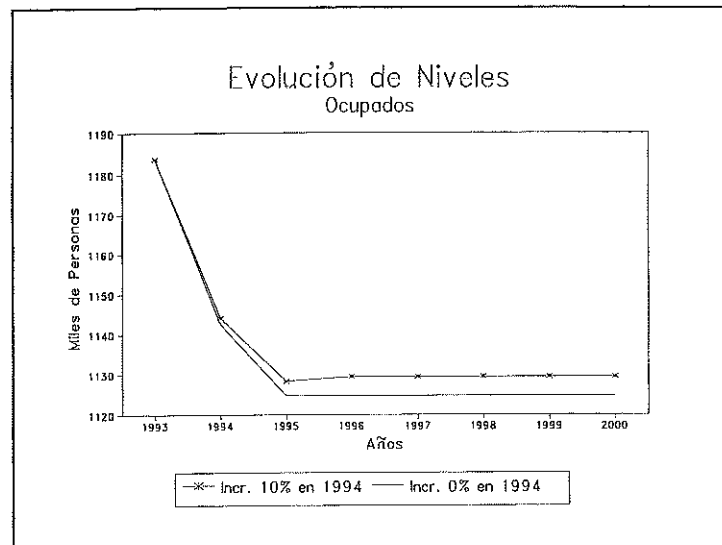
El Gráfico 9 muestra la evolución del PIB bajo el supuesto de que la inversión en telecomunicaciones alcanzado en 1993 se mantiene para los años 1994-2000 (senda sin asterisco). También muestra la evolución del PIB bajo el supuesto de que en 1994 se produce un aumento de nivel del 10% en la inversión en telecomunicaciones y el nuevo nivel se mantiene durante el período 1995-2000 (senda con asterisco). Las diferencias entre ambas situaciones vienen recogidas en la columna 2 de la Tabla 2.

Gráfico 10



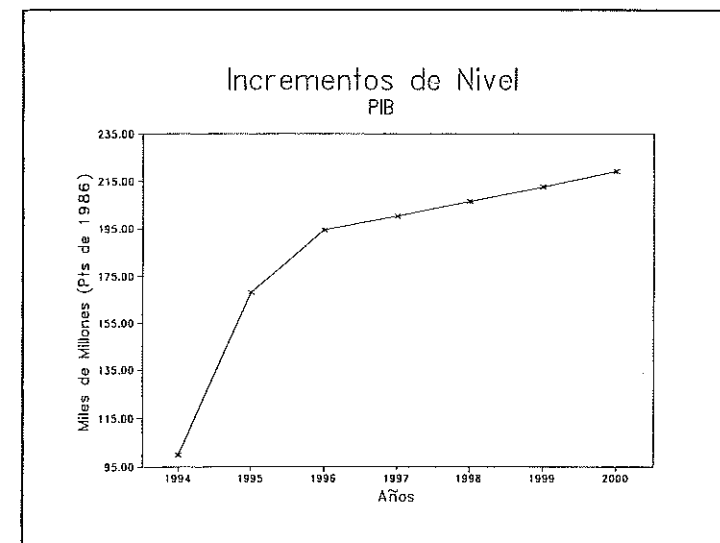
El Gráfico 10 muestra la evolución de la Inversión Total de la economía bajo el supuesto de que la inversión en telecomunicaciones alcanzado en 1993 se mantiene para los años 1994-2000 (senda sin asterisco). También muestra la evolución de la inversión bajo el supuesto de que en 1994 se produce un aumento de nivel del 10% en el nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones y el nuevo nivel se mantiene durante el período 1995-2000 (senda con asterisco). Las diferencias de niveles entre ambas situaciones vienen recogidas en la columna 3 de la Tabla 2.

Gráfico 11



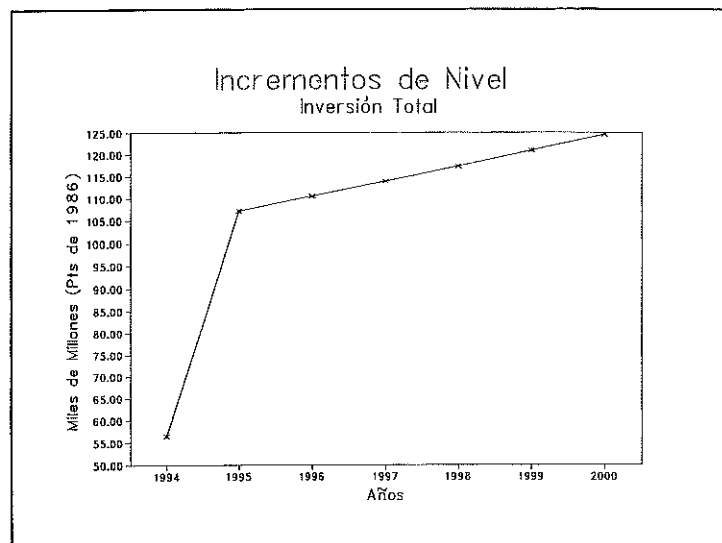
El Gráfico 11 muestra la evolución del nivel de ocupados de la economía bajo el supuesto de que la inversión en telecomunicaciones alcanzado en 1993 se mantiene para los años 1994-2000 (senda sin asterisco). También muestra la evolución de la serie de ocupados bajo el supuesto de que en 1994 se produce un aumento de nivel del 10% en el nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones y el nuevo nivel se mantiene durante el período 1995-2000 (senda con asterisco). Las diferencias de niveles entre ambas situaciones vienen recogidas en la columna 4 de la Tabla 2.

Gráfico 12



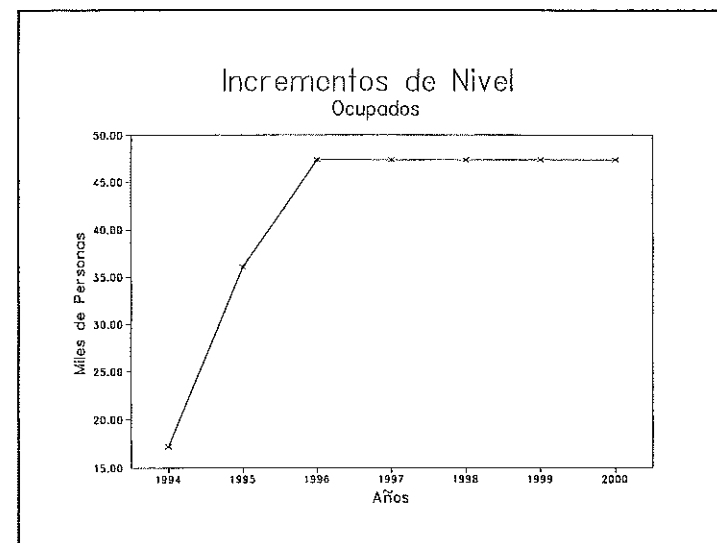
El Gráfico 12 muestra los incrementos de nivel en el PIB para los años 1994-2000, que se hubieran producido si en vez de mantener, durante el período 1994-2000, el nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones alcanzado en 1993, éste se hubiera incrementado en un 10%.

Gráfico 13



El Gráfico 13 muestra los incrementos de nivel en la inversión total de la economía para los años 1994-2000, que se hubieran producido si en vez de mantener, durante el período 1994-2000, el nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones alcanzado en 1993, éste se hubiera incrementado en un 10%.

Gráfico 14



El Gráfico 14 muestra los incrementos de nivel en la serie de ocupados (empleo) de la economía para los años 1994-2000, que se hubieran producido si en vez de mantener, durante el período 1994-2000, el nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones alcanzado en 1993, éste se hubiera incrementado en un 10%.

El paso de pesetas del año 1986 a pesetas corrientes de 1996 se obtiene de forma aproximada, multiplicando las primeras por 1,7.

## 5. CONCLUSIONES

Utilizando como base el marco de referencia conceptual desarrollado en Flores et al. (1994) junto con las técnicas de elaboración de modelos ARMA vectoriales descritas en Tiao y Box (1981) se han estudiado los efectos dinámicos que sobre el producto, la inversión y el empleo de la economía española tendría un aumento en la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones.

Como resultado de este análisis se tiene que:

1. La inversión en infraestructuras de telecomunicaciones tiene un efecto dinamizador de la economía en su conjunto.
2. Este efecto no es puramente instantáneo, esto es, no se agota dentro del año en que tiene lugar el incremento en la inversión en telecomunicaciones sino que se extiende a los dos años siguientes..
3. Un incremento transitorio de un punto porcentual en la tasa de variación de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones durante un año T, lleva al producto a crecer, dentro de ese mismo año, 0,025 puntos porcentuales por encima de su valor inercial. Al año siguiente (T+1) el crecimiento es de 0,016 puntos porcentuales y por último, en el año T+2 el crecimiento es de 0,005 puntos. En el caso de la inversión los crecimientos son de 0,069 puntos porcentuales en T y 0,058 puntos porcentuales en T+1. Finalmente, en el caso del empleo son de 0,015, 0,017 y 0,010 puntos porcentuales durante los años T, T+1 y T+2 respectivamente.
4. En términos de niveles de las variables y tomando como referencia el año 1993, un incremento permanente del nivel de inversión en infraestructuras de telecomunicaciones desde los 2220,78 cientos de millones de pesetas corrientes (nivel alcanzado en 1993) a uno superior de 2454,32 cientos de millones (10% de aumento sobre el año de referencia) hubiera supuesto un crecimiento adicional del PIB, durante el período 1993-1996, de 0,46 puntos porcentuales (330,65 miles de millones de pesetas corrientes). En el caso de la inversión este crecimiento adicional es de 1,26 puntos (187,82 miles de millones de pesetas corrientes) y en el caso del empleo es de 0,40 puntos porcentuales (47.335 personas).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaron, H. (1990) "Discussion of Why is Infrastructure Important?" in A. Munnell, ed., *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series No 34, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 51-63.
- Argimón, I. y M. J. Martín (1993) "Series de stock de infraestructuras del Estado y de las administraciones públicas en España", Servicio de Estudios del Banco de España, documento de trabajo nº 9315.
- Argimón, I., J. M. González-Páramo, M. J. Martín y J. M. Roldán (1993) "Productividad e infraestructuras en la economía española", Servicio de Estudios del Banco de España, documento de trabajo nº 9313.
- Aschauer, D. (1989a) "Does Public Capital Crowd out Private Capital?", *Journal of Monetary Economics*, 24, pp. 171-188.
- Aschauer, D. (1989b) "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23, pp. 177-200.
- Bajo, O. y S. Sosvilla (1993) "Does Public Capital Affect Private Sector Performance? An Analysis of the Spanish Case, 1964-1988", *Economic Modelling*, 10, 3, pp. 179-185.
- Banerjee, A., Dolado, J. Galbraith, J. W. y Hendry, D. (1993) "Co-integration, Error-correction, and the Econometric Analysis of Nonstationary Data", Oxford University Press, Oxford.
- Blanco-Losada, M. (1994) "Telecomunicaciones y crecimiento económico" UIMP, Santander.
- Box, G. y G. Jenkins (1976) *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, San Francisco: Holden Day, 2nd edition.
- Box, G. y Tiao (1975) "Intervention Analysis with applications to economic and environmental problems" *Journal of the American Statistical Association*, 70, 70-79.
- Clinton, W. y A. Gore (1993) "Technology for America's Economic Growth, a new Direction to Build Economic Strength", Presidential Document, February 22; Washington D.C.
- Cronin, F., E. Parker, E. Colleran y M. Gold (1991) "Telecommunications Infrastructure and Economic Growth", *Telecommunications Policy*, Dic., pp. 529-536.
- Cronin, F., E. Colleran, P. Herbert y S. Lewitzky (1993a) "Telecommunications Infrastructure Investment and Economic Development", *Telecommunications*

- Cronin, F., E. Collieran, P. Herbert y S. Lewitzky (1993b) "Telecommunications and Growth, The Contribution of Telecommunications Infrastructure Investment to Aggregate and Sectoral Productivity", *Telecommunications Policy*, 677-690.
- Deno, K. T. (1988) "The Effects of Public Capital on U.S. Manufacturing Activity: 1970-1978", *Southern Economic Journal*, 55, 2, pp. 400-411.
- Dholakia, R. y B. Harlam (1994) "Telecommunications and Economic Development: Econometric Analysis of the US Experience", *Telecommunications Policy*, Vol 18, 6, 470-477.
- Draper, M. y J. A. Herce (1993) "Infraestructuras", FEDEA, Documento de trabajo n° 93-07.
- Eberts, R. (1990) "Public Infrastructure and Regional Economic Development: A Simultaneous Equation Approach", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Cleveland, 26, pp. 15-27.
- Flores, R., M. Gracia-Díez y T. Pérez-Amaral (1994) "Efectos de la Inversión en Infraestructuras sobre la Economía Española", Documento de Trabajo del ICAE n° 9413.
- Ford R. y P. Poret (1991) "Infrastructure and Private Sector Productivity", *OECD Economic Studies*, 17, pp. 63-89.
- García Milá, T. (1990) "Un Modelo Dinámico con Capital Público y su Estimación por Simulación", *Investigaciones Económicas*, 14, 3, sept. pp. 369-383.
- García Milá, T. y T. McGuire (1992) "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies", *Regional Science and Urban Economics*, 22, pp. 229-241.
- García Perea, P. y R. Gómez (1993) "Elaboración de series históricas de empleo a partir de la encuesta de población activa (1964-1992)", mimeo, Servicio de Estudios del Banco de España.
- Greenstein, S. y P. Spiller (1995) "Modern Telecommunications Infrastructure and Economic Activity: An Empirical Investigation", *Industrial and Corporate Change*, 4, 4, 647-665.
- Hamilton, J.D. (1994) *Time Series Analysis*, Princeton University Press.
- Hardy, A. (1980) "The Role of the Telephone in Economic Development", *Telecommunications Policy*, 4, Dic. pp. 278-286.
- Hillmer, S.C. and G.C. Tiao (1979) "Likelihood Function of Stationary Multiple Autoregressive Moving Average Models", *Journal of the American Statistical Association*, 74, 367, pp. 652-660.

- Jenkins, G. M. y A. S. Alavi (1981) "Some aspects of Modeling and Forecasting Multivariate Time Series", *Journal of Time Series Analysis*, 2, pp. 1-47.
- Johansen, S. (1988) "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economics, Dynamics and Control*, 12, pp. 231-254.
- Mas, M., J. Maudos, F. Pérez y E. Uriel (1993) "Capital Público y Productividad de la Economía Española", Documento de trabajo IVIE.
- Morrison C. J. y A. E. Schwartz (1992) "State Infrastructure and Productive Performance", NBER, Documento de trabajo n° 3981.
- Munnell, A. (1990a) "Why Has Productivity Declined? Productivity and Public Investment", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 3-22.
- Munnell, A. (1990b) "How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?", en A. H. Munnell (ed.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Federal Reserve Bank of Boston, Conference Series 34, pp. 69-103.
- Munnell, A. (1992) "Infrastructure Investment and Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 6, pp. 189-198.
- Munnell, A. y L. Cook (1990) "How Does Public Infrastructure Affect Regional Performance?", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 11-32.
- Nadiri I. y T. P. Mamuneas (1992) "The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries", mimeo, New York University.
- OCDE (1995) "Telecommunications Outlook", Paris.
- Orr, D. (1995) "The Economic Benefits from Telecom", mimeo, Madrid.
- Saunders, R., J. Warford y B. Wellenius (1987) "Las Telecomunicaciones y el Desarrollo Económico", Banco Mundial, Ed. Tecnos, Madrid.
- Saunders, R., J. Warford y B. Wellenius (1994) *Telecommunications and Economic Development*, second edition, World Bank, the John Hopkins University Press.
- Tatom, J. (1991) "Public Capital and Private Sector Performance", *Review, Federal Reserve Bank of St. Louis*, pp. 3-15.
- Tiao, G. C. y G. E. Box (1981) "Modeling Multiple Time series with Applications", *Journal of the American Statistical Association*, 76, pp. 802-816.
- Wallis, K. F. (1979) *Topics in Applied Econometrics*, Basil Blackwell.



## APÉNDICE

Tanto los análisis univariantes, usando modelos ARIMA según la metodología de Box y Jenkins (1970), como los contrastes de raíces unitarias que se llevan a cabo mediante los contrastes de Dickey-Fuller aumentados, sugieren que todas las series son I(1), esto es, que tienen una raíz unitaria, que en este caso significa que las series no son estacionarias, y para convertirlas en estacionarias, habría que tomar una diferencia.

En la Tabla 1 se sintetizan los resultados del análisis de cointegración, esto es, se intenta determinar si los datos económicos presentan tendencias comunes, pues en ese caso, habría que tomarlas en cuenta en la modelización. Los resultados sugieren que no se dan las tendencias comunes, y por tanto habría que proceder a la modelización después de tomar primeras diferencias para convertir las series en estacionarias.

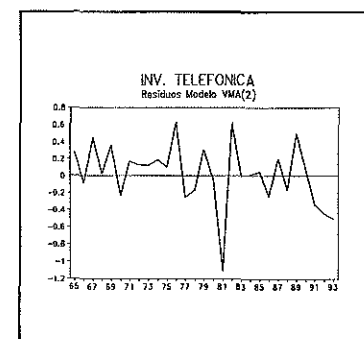
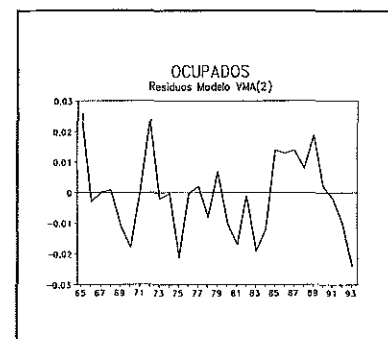
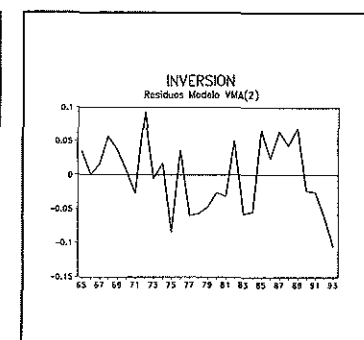
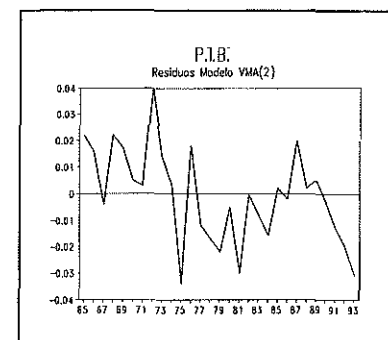
TABLA 1

CONTRASTES DE LA TRAZA DE JOHANSEN					
n° de tendencias estocásticas	Osterwald 90%	Osterwald 95%	Test(*) 1 retardo	Test(*) 2 retardos	Test(*) 3 retardos
1	6.691	8.083	.042	.114	.20
2	15.583	17.844	7.22	8.12	8.97
3	28.436	31.256	18.67	21.04	21.68
4	45.248	48.419	39.99	34.82	43.07

(\*) Los contrastes incorporan la corrección de Reimers (Banerjee et al, 1993). Todas las regresiones auxiliares se han llevado a cabo con constante. Los contrastes de la Trazas se han calculado con 1, 2 y 3 retardos.

Los valores críticos de los contrastes, al 90 y al 95% están en las columnas 2 y 3 de la Tabla 1. Los valores computados están en las columnas 4, 5 y 6. Como todos los valores computados son menores que los valores críticos, entonces no rechazamos la hipótesis nula de que no hay tendencias comunes.

## Gráficos de los residuos del modelo VMA(2) estimado



Las Tablas 2a y 2b presentan los contrastes de Bartlett y las funciones de correlación cruzadas computadas a partir de los residuos del modelo (12). El contraste  $M(l)$  de Bartlett no sugiere la presencia de factores autorregresivos en los residuos del modelo. Las matrices de correlaciones cruzadas no sugieren la existencia de factores adicionales de medias móviles en los residuos del modelo.

TABLA 2a

CONTRASTE DE BARTLETT	
RETARDO	$M(l)(*)$
1	13.84
2	14.26
3	11.91
4	17.31

(\*) Los valores críticos para el contraste  $M(l)$  con 16 grados de libertad son 26.3 para el nivel de significación del 5% y 32 para el 1%. Como los valores computados son menores que los críticos, no rechazamos la hipótesis nula de ausencia de factores autorregresivos.

TABLA 2b

Retardo 1	Retardo 2	Retardo 3	Retardo 4
....	....	....	....
....	....	....	....
....	....	....	....
....	....	....	....

En la tabla 2b se presentan las estimaciones de la función de autocorrelación cruzada de los residuos cada una de las cuatro ecuaciones del modelo. Debajo de cada retardo aparece una matriz de puntos de dimensión 4 por 4. Cada uno de los puntos representa un valor estimado que resulta no significativo al 95%. Hay cuatro matrices, una por cada uno de los cuatro primeros retardos, correspondientes a las correlaciones entre los residuos de cada una de las cuatro ecuaciones de la sección 5.2.

# APÉNDICE DE DATOS

DATOS ORIGINALES				
AÑOS	PIB	INVERSION	OCUPADOS	IN.TELEF
1964	14250,28	2958,974	11642,25	701,7771
1965	15266,83	3450,569	12025,25	926,7128
1966	16357,71	3890,012	12153,25	850,6559
1967	17133,78	4123,412	12223,75	1337,416
1968	18167,82	4512,413	12286	1365,802
1969	19402,98	4954,421	12359,75	1962,349
1970	20511,9	5108,3	12362,75	1554,52
1971	21465,6	4955	12462,5	1846,017
1972	23215	5658,7	12688,75	2099,596
1973	25023	6394,3	12915,5	2377,195
1974	26429,1	6790,9	13079	2868,748
1975	26572,3	6485,3	12858	3182,599
1976	27450,5	6433,3	12618	5966,976
1977	28229,8	6375,5	12594,83	4643,757
1978	28642,7	6203,3	12375,78	3914,227
1979	28654,4	5930,3	12166,84	5332,697
1980	29027,3	5972	11796,71	5055,253
1981	28976	5821,1	11443,3	1667,361
1982	29429,9	5944,5	11294,17	3099,922
1983	30082,9	5803,4	11170,02	3122,753
1984	30524,4	5401,6	10966,28	3157,13
1985	31321,7	5729,6	10869,75	3307,288
1986	32324	6296,9	11111,1	2597,833
1987	34147,2	7181	11452,08	3188,226
1988	35909,8	8178,5	11780,58	2700,084

1989	37611,5	9289,8	12258,27	4468,774
1990	39018	9905,6	12578,78	4772,862
1991	39892,4	10035,1	12609,4	3394,037
1992	40169,3	9619,5	12366,25	2168,158
1993	39725,4	8605,2	11837,53	1306,335

## DOCUMENTOS DE TRABAJO DEL ICAE

- 9301 *"Análisis del comportamiento de las cotizaciones reales en la Bolsa de Madrid bajo la hipótesis de eficiencia"*. Rafael Flores. Diciembre 1992. (Publicado en Estadística Española, Vol 36, nº 136, 1994)
- 9302 *"Sobre la estimación de primas por plazo dentro de la estructura temporal de tipos de interés"*. Rafael Flores. Diciembre 1992. (Publicado en Revista Española de Economía, Vol 12, nº 2, 1995)
- 9303 *"Cambios de estructuras de gasto y de consumo en el cálculo del IPC"*. Antonio Abadía. Febrero 1993. (Publicado en Revista de Economía Aplicada, Vol.1, Nº1)
- 9304 *"Tax Analysis in a Limit Pricing Model"*. Félix Marcos. Febrero 1993.
- 9305 *"El tipo de cambio propio: reformulación del concepto y estimación para el caso español"*. José de Hevia Payá. Junio 1993. (Publicado en Revista Española de Economía, Vol.11, Nº1, 1994)
- 9306 *"Price Volatility Under Alternative Monetary Instruments"*. Alfonso Novales. Abril 1992. 9307
- 9307 *"Teorías del tipo de cambio: una panorámica"*. Oscar Bajo y Simón Sosvilla. Junio 1993. (Publicado en Revista de Economía Aplicada, Vol.1, Nº2).
- 9308 *"Testing Theories of Economic Fluctuations and Growth in Early Development (The Case of the Chesapeake Tobacco Economy)"*. Rafael Flores and Alfredo M. Pereira. (Aceptado para publicar en Review of International Economics, 1996)
- 9309 *"Maastricht Convergence Conditions: A Lower Bound for Inflation?"*. Jorge Blázquez and Miguel Sebastián. Marzo 1992.